

⑫

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑰ Anmeldenummer: 88890043.8

⑤ Int. Cl. 4: **H 01 J 37/30**

⑱ Anmeldetag: 04.03.88

H 01 J 37/317, G 03 F 7/20

⑳ Priorität: 05.03.87 AT 507/87

㉑ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.09.88 Patentblatt 88/36

㉒ Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE FR GB IT LI NL SE

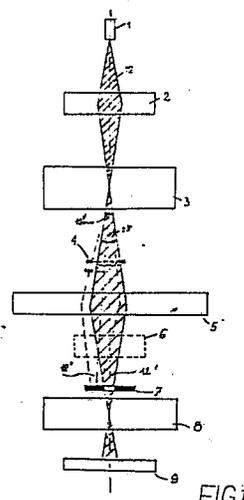
㉓ Anmelder: **IMS Ionen Mikrofabrikations Systeme**
Gesellschaft m.b.H.
Schreygasse 3
A-1020 Wien (AT)

㉔ Erfinder: **Stengl, Gerhard, Dr.**
Urnberg 41
A-9241 Wernberg Kärnten (AT)

㉕ Vertreter: **Krause, Ernst, Dipl.-Ing. et al**
Dipl.- Ing. Krause, Ernst Dipl. Ing. Casati, Wilhelm
Patentanwälte Amerlingstrasse 8
A-1061 Wien (AT)

㉖ **Einrichtung zur verkleinernden oder 1 : 1 Ionenprojektionslithographie.**

㉗ Die Erfindung betrifft eine Ionenprojektionslithographieeinrichtung, bei der durch kombinierte Anwendung eines Wien-Filters 3 zwischen einer Immersionslinse 4 und einer Ionenquelle 1 sowie einer Blende 7 zwischen der Immersionslinse 4 und einem Substrat 9, auf dem die Struktur einer Maske 4 ionenoptisch abgebildet werden soll, eine Ausschaltung von für die Abbildung unerwünschten, jedoch von der Ionenquelle 1 zusätzlich zu den erwünschten Ionen erzeugten Ionen erfolgt, dies bei nur geringen Feldstärken am Wien-Filter 3.



Beschreibung

Einrichtung zur verkleinernden oder 1 : 1 Ionenprojektionslithographie

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur verkleinernden oder 1 : 1 Ionenprojektionslithographie mit einer Ionenquelle, einer im Strahlengang angeordneten strukturierten Maske sowie einem Substrat (Wafer), auf dem die Maskenstruktur abgebildet wird, wobei im Strahlengang, bevorzugt zwischen Maske und Wafer, eine Immersionslinse und eine beispielsweise als Einzellinse ausgebildete Projektionslinse und weiters zwischen Ionenquelle und Maske ein Wien'sches Filter (ExB) Filter zur Massentrennung angeordnet sind. Ionenquellen liefern im Regelfall ein Gemisch von Ionen. So treten beispielsweise aus einer Ionenquelle für He, neben den erwünschten He-Ionen auch H-Ionen aus, die - je nach durchzuführender Abbildung - unerwünscht sein können.

Bekannt wurde es bereits, unerwünschte Ionen (Massen) auszuschalten, ehe sie die Projektionslinse erreichen. So beschreiben etwa Miyauchi et al, Nucl.Instr. & Meth. in Physics Research B6, 183 (1985) eine Einrichtung zur maskenlosen Ionenimplantation, bei der sich nach der Ionenquelle ein ExB-Filter (Wien-Filter) und unmittelbar dahinter eine Blende befindet. Im ExB-Filter wirken gekreuzte elektrische und magnetische Felder, unter deren Wirkung unterschiedliche Ionen gleicher Energie unterschiedliche Ablenkung erfahren, wobei durch geeignete Einstellung des elektrischen und des magnetischen Feldes die Ionen der gewünschten Masse unabgelenkt hindurchtreten.

Diese bekannte Einrichtung ist jedoch für das gegenständliche Projektionsverfahren schlecht geeignet, da die aus dem ExB-Filter austretenden Strahlen divergent sind (Öffnungswinkel beispielsweise 6°). Um mit Hilfe der sich bei der bekannten Einrichtung unmittelbar nach dem ExB-Filter befindlichen Blende ausgeblendet zu werden, müßten die Ionen mit unerwünschten Massen durch das ExB-Filter sehr stark abgelenkt werden; dies impliziert jedoch hohe elektrische und magnetische Feldstärken am Wien-Filter, mit denen starke (inhomogene) Randfelder einhergehen, durch welche wiederum Verzerrungen bei der Abbildung einer Maske hervorgerufen werden würden.

Eine weitere bekannte Einrichtung ist in "Ion Implantation", vol.8, p.446 (G.Dearnaley et al., North Holland Publ.Comp., 1973) beschrieben. In dieser von M.Bernheim et al (4th Int.Conf. on Electron and Ion Beam Science and Technology, Los Angeles) vorgeschlagenen Anordnung befindet sich nach der Quelle ein Magnet, welcher Ionen verschiedener Massen verschieden stark ablenkt. Je nach Einstellung des Magnetfeldes gelangen immer nur Ionen mit einer bestimmten gewünschten Masse in das weitere Abbildungssystem. Diese Methode hat jedoch den gravierenden Nachteil, daß sich die Quelle nicht auf der optischen Achse des abbildenden Linsensystems befinden kann, da durch das Magnetfeld alle Ionen, auch die erwünschten, abgelenkt werden.

Die Nachteile dieser beiden bekannten Methoden

zur Massentrennung können vermieden werden, wenn erfindungsgemäß die zum ExB-Filter gehörende Blende, welche die unerwünschten Massen ausblendet, zwischen Immersionslinse und Substrat in großem Abstand vom ExB-Filter, nämlich an einer Stelle vor dem Kreuzungspunkt der Ionenstrahlen, z.B. mit einer Öffnung von 500 µm, angeordnet ist. Die Blendenöffnung kann bevorzugt kreisrund ausgeführt werden, kann jedoch auch Rechtecks- oder Quadratform aufweisen. Da sich in der erfindungsgemäßen Einrichtung die Blende an einem Ort mit geringem Strahldurchmesser, aber in großer Entfernung vom Wien-Filter befindet, genügt es, die unerwünschten Massen um nur kleine Winkel abzulenken, um sie nicht mehr durch die Blende hindurchzulassen. Daher benötigt man nur geringe Feldstärken am Wien-Filter, sodaß die störenden Randfelder und die dadurch entstehenden Bildverzerrungen minimal und unter der Toleranzgrenze bleiben.

Die Erfindung erlaubt es auch, das Gasgemisch, mit dem die Ionenquelle gespeist wird, zu wechseln und dabei die Abbildung der Maskenstruktur auf das Substrat mit ein und derselben gewünschten Ionensorte durchzuführen.

Darüberhinaus erlaubt die erfindungsgemäße Einrichtung auch einen Übergang von einer Ionensorte auf eine andere Ionensorte des gleichen in der Ionenquelle aufgegebenen Mediengemisches, wobei ein und derselbe Wafer mit zwei oder mehr Ionensorten belichtet werden kann, ohne daß die Lage des Wafers (das Alignment) umgestellt werden müßte.

Eine Vereinfachung des Aufbaues der erfindungsgemäßen Einrichtung kann erzielt werden, wenn in weiterer Ausgestaltung des Erfindungsgegenstandes, die Blende in die Projektionslinse integriert ist.

Eine weitere Ausgestaltung des Erfindungsgegenstandes kennzeichnet sich dadurch, daß zwischen Ionenquelle und dem Wien'schen Filter eine, insbes. als Einzellinse ausgebildete, elektrostatische Vorlinse zur Erzeugung konvergenter Strahlen, deren Kreuzungspunkt im Wien'schen Filter liegt, angeordnet ist. Mittels der Vorlinse kann dabei die Ionenquelle etwa im Maßstab 1 : 1 bis 1 : 2 in die optische Achse des Wien-Filters abgebildet werden, wodurch die Bildfehler des Wien-Filters minimiert werden. Entfällt die Vorlinse, was durchaus praktikabel ist, so gelangen die Ionenstrahlen aus der Ionenquelle divergent in das Wien-Filter.

Gemäß einer weiteren Ausbildung des Erfindungsgegenstandes ist vorgesehen, daß im Strahlengang vor der Blende eine willkürlich aktivierbare, ein elektrostatisches Feld erzeugende Ablenkeinheit, z.B. ein Multipol, insbes. Oktopol, angeordnet ist. Durch Aktivieren der Ablenkeinheit können die durch das Wien-Filter nach ihren Massen aufgefächerten Ionen z.B. senkrecht zur Auffächerungsrichtung abgelenkt werden, sodaß keine Ionen mehr auf die Blende treffen. Dabei wird zwar die Maske weiter bestrahlt, was im Hinblick auf das Konstanthalten

der Maskentemperatur erwünscht ist, jedoch werden die Strahlen vor Erreichen des Wafers ausgeblendet. Die elektrostatische Ablenkeinheit wirkt daher als Shutter, welcher allerdings nicht die Nachteile eines mechanischen Shutter, z.B. Erschütterungen und Zeitdauer für den Verschluß, aufweist. Bei Verwendung der elektrostatischen Ablenkeinheit ist daher bei einem auf ein Ausblenden folgenden Wiedereinschalten (d.h. Ausschalten der Ablenkeinheit) das Bild sofort an der richtigen Stelle, d.h. es bedarf keines neuerlichen Alignments, um das Bild nach einem erfolgten Ausblenden wieder an die gewünschte Stelle des Wafers zu projizieren.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnung beispielsweise näher erläutert. Es zeigen: Die

Fig. 1, 1a eine erfindungsgemäß ausgebildete verkleinernde Ionenprojektionslithographieeinrichtung in schematischer Darstellung,

Fig. 2, ebenfalls in schematischer Darstellung, ein Detail aus Fig. 1,

Fig. 3 die Wirkungsweise des in Fig. 2 dargestellten Details, die

Fig. 4 und 5 zwei unterschiedliche Blendenanordnungen bezüglich eines in der erfindungsgemäßen Ionenprojektionslithographieeinrichtung zur Anwendung gelangenden Filters, und

Fig. 6 die schematische Anordnung für die 1:1 Schattenprojektion.

In der Zeichnung ist mit 1 eine Ionenquelle einer Ionenprojektionseinrichtung bezeichnet. Im Strahlengang liegt weiters eine mit einer Struktur versehene Maske 4 sowie ein Substrat 9, auf dem die Struktur der Maske 4 durch Ionenprojektion abgebildet werden soll. Zwischen der Maske 4 und dem Substrat 9 sind eine Immersionslinse 5 zur Beschleunigung der Ionen auf die notwendige Endenergie und eine Projektionslinse 8 angeordnet. Diese Linse ist bevorzugt als Einzellinse ausgebildet. Die Immersionslinse 5 fokussiert das Bild der Ionenquelle 1 in die Projektionslinse 8. Die Ionenquelle 1 liefert einen divergenten Ionenstrahl 12 unterschiedlicher Ionensorten, von denen im allgemeinen jeweils nur eine für die Projektion erwünscht ist. So liefert etwa eine Quelle 1 für He-Ionen zusätzlich zu den He-Ionen auch noch H^+ , H_2^+ - und H_3^+ -Ionen, die nicht erwünscht sind, so daß zu verhindern ist, daß diese für die Projektion unerwünschten Ionen zum Substrat 9 gelangen. Um dies zu erreichen, wird vorgeschlagen, zwischen der Ionenquelle 1 und der Maske 4 ein (gekreuzte elektrische und magnetische Felder lieferndes) Wien-Filter 3 (ExB-Filter) und zwischen der Immersionslinse 5 und dem Substrat 9 eine Blende 7 zu positionieren. Aufgrund der Position der Blende braucht die Blendenöffnung nur etwa 500 μm zu betragen. Die Ionenquelle 1 liefert Ionenstrahlen 12, die am Austritt einen sehr geringen Durchmesser (von ca. 10 - 50 μm) besitzen. Die Größe des Durchmessers hängt von der gewünschten Auflösung ab. Angestrebt werden Auflösungen unter 1 μm . Die Blende 7 kann in die Projektionslinse 8 integriert sein.

Zwischen der Ionenquelle 1 und dem Wien-Filter 3 kann eine elektrostatische Vorlinse 2 angeordnet

werden. Diese Vorlinse erzeugt konvergente Strahlen. Die Anordnung der Vorlinse 2 relativ zum Wien-Filter 3 erfolgt dabei so, daß der Kreuzungspunkt der aus der Vorlinse 2 kommenden Strahlen in der Mitte des Wien-Filters 3 liegt. Mittels der Vorlinse 2 kann (bei abgeschaltetem Wien-Filter 3) die virtuelle Quelle (d.i. das Bild, das die Vorlinse vor der Quelle erzeugt) auf die optische Achse der Projektionseinrichtung justiert werden.

Vor der Blende 7 und nach der Immersionslinse 5 kann in den Strahlengang eine willkürlich aktivierbare Ablenkeinheit 6 für die Ionenstrahlen eingebaut werden. Die Ablenkeinheit 6 dient zur Erzeugung eines elektrostatischen Feldes. Mittels dieses Feldes können die durch das Wien-Filter 3 in eine Ebene 10 (Fig. 3), welche die Öffnung 11 der Blende 7 schneidet, geleiteten Strahlen aus dieser Ebene (in Richtung x) abgelenkt und damit aus dem Bereich der Öffnung 11 der Blende 7 (in die Ebene 10') verschoben werden. Da die Ablenkeinheit 6 im Strahlengang hinter der Maske 4 angeordnet ist, kann auch nach Aktivierung der Ablenkeinheit 6 und damit einhergehender Ausblendung des Bildes der Maskenstruktur am Substrat 9, die Maske 4 weiter von den Ionen bestrahlt werden, womit sie ihre Temperatur behält, und Verzerrungen der Struktur, wie sie bei einer Abkühlung der Maske auftreten können, vermieden werden.

Die Ablenkeinheit 6 kann als Oktopol ausgebildet werden. Ein diesbezügliches Ausführungsbeispiel ist schematisch in Fig. 2 dargestellt. In die Darstellung sind die Potentiale U_1, \dots, U_8 der Pole eingetragen. Zur Erzeugung eines Dipolfeldes betragen hierbei beispielsweise:

$$U_1 = U_0, \quad U_2 = U_0 / \sqrt{2}, \quad U_3 = 0, \quad U_4 = -U_0 / \sqrt{2}, \\ U_5 = U_0, \quad U_6 = -U_0 / \sqrt{2}, \quad U_7 = 0, \quad U_8 = U_0 / \sqrt{2} \\ (U_i = U_0 \cdot \cos(-\varphi)),$$

wobei U_0 entsprechend der Ionenenergie und der gewünschten Verschiebung in x-Richtung gewählt wird.

Im Wien-Filter 3 werden die Ionen - abhängig von ihrer Masse - unterschiedlich stark abgelenkt, wobei bei einer bestimmten Ionenenergie die Größe der Ablenkung von der elektrischen und magnetischen Feldstärke abhängig ist. Fig. 1 bzw. 1a zeigen schematisch den Strahlengang zweier Ionensorten 12', 12'' mit benachbarten Massen. Da mit größer werdenden Feldstärken im Wien-Filter 3 auch die Randfelder größer werden, wodurch eine Verzerrung der Abbildung hervorgerufen wird, ist es wünschenswert, die Feldstärken und damit die Ablenkungen möglichst gering zu halten. Die erfindungsgemäße Einrichtung erlaubt dies dadurch, daß die Blende 7 in relativ großem Abstand s vom Wien-Filter angeordnet wird, wodurch mit kleinen Ablenkwinkeln die unerwünschten Ionen in einen Bereich der Ebene der Blende 7 abgelenkt werden können, wo sich keine Blendenöffnung 11 befindet. Ein Vergleich der unterschiedlichen Abstände s zwischen Wien-Filter 3 und Ebene der Blende 7 in den Fig. 4 und 5 läßt unschwer erkennen, daß die in diesen Beispielen als unerwünscht anzusehenden Ionen H_2^+ und H_3^+ bei einer Anordnung gemäß Fig. 5 bei kleinerer Ablenkung von der optischen Achse außerhalb der Blendenöffnung 11 auf die Ebene der

Blende 7 treffen als bei einer Anordnung gemäß Fig. 4.

Patentansprüche

1. Einrichtung zur verkleinernden oder 1 : 1 Ionenprojektionslithographie mit einer Ionenquelle, einer im Strahlengang angeordneten strukturierten Maske sowie einem Substrat (Wafer), auf dem die Maskenstruktur abgebildet wird, wobei im Strahlengang, bevorzugt zwischen Maske und Wafer, eine Immersionslinse und eine beispielsweise als Einzellinse ausgebildete Projektionslinse und weiters zwischen Ionenquelle und Maske ein Wien'sches Filter (ExB-Filter) zur Massentrennung angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß die zum ExB-Filter gehörende Blende (7), welche die unerwünschten Massen ausblendet, zwischen Immersionslinse (5) und Substrat (9) in großem Abstand vom ExB-Filter, nämlich an einer Stelle vor dem Kreuzungspunkt der Ionenstrahlen, z.B. mit einer Öffnung (1) von 500 µm, angeordnet ist.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Blende (7) in die Projektionslinse (8) integriert ist.
3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Ionenquelle (1) und dem Wien'schen Filter (3) eine, insbes. als Einzellinse ausgebildete, elektrostatische Vorlinse (2) zur Erzeugung konvergenter Strahlen, deren Kreuzungspunkt im Wien'schen Filter (3) liegt, angeordnet ist.
4. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der sich eine willkürlich aktivierbare, ein elektrostatisches Feld erzeugende Ablenkeinheit, z.B. ein Multipol, insbes. Oktopol, im Strahlengang befindet, dadurch gekennzeichnet, daß die willkürlich aktivierbare Ablenkeinheit (6) im Strahlengang vor der Blende (7) angeordnet ist.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

4

0281549

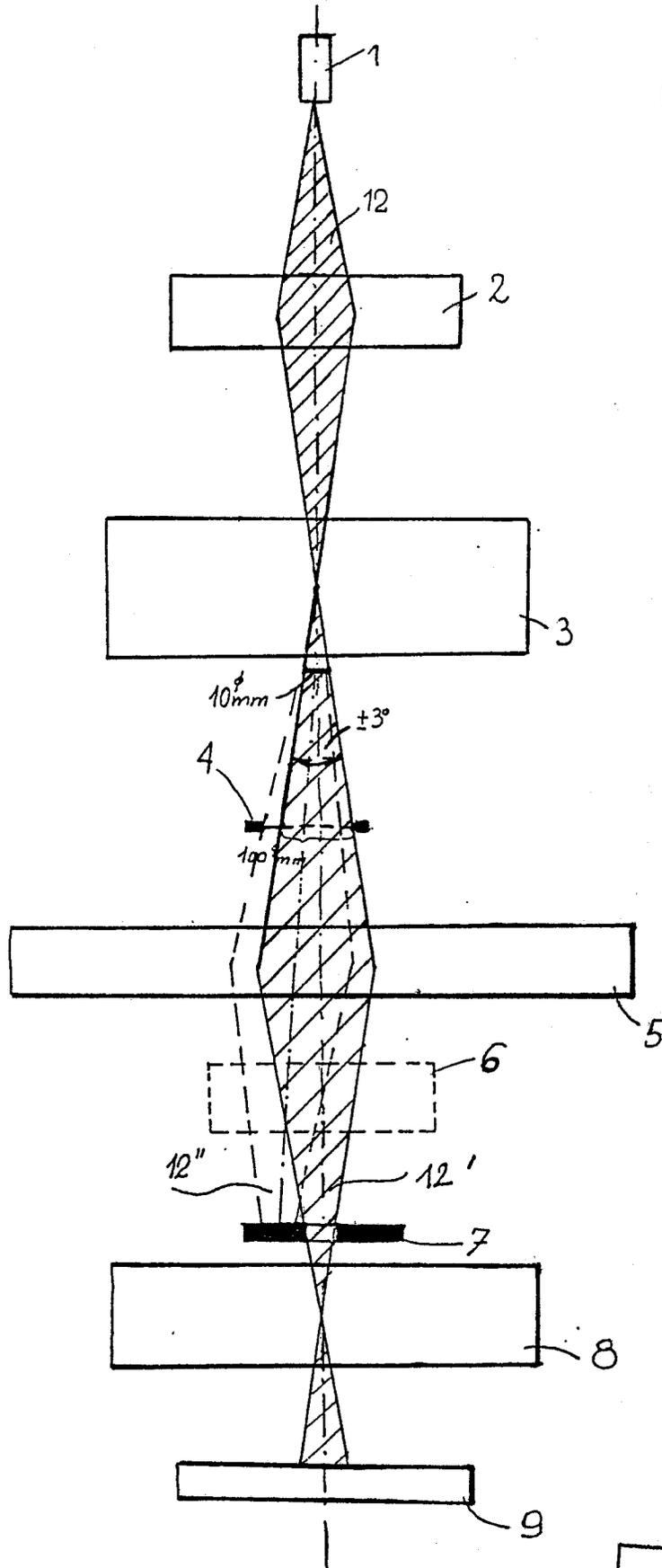


FIG. 1

0281549

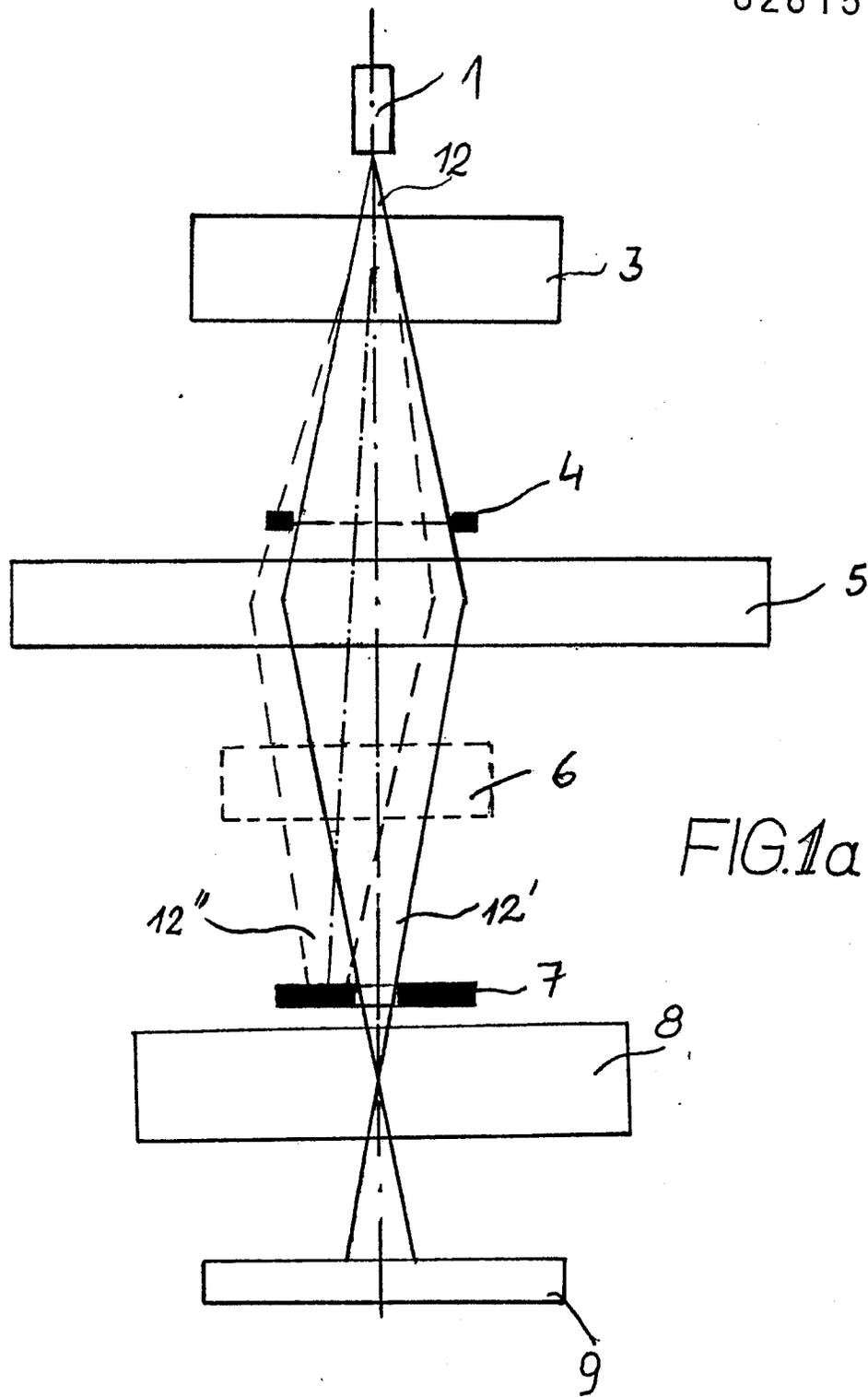


FIG.1a

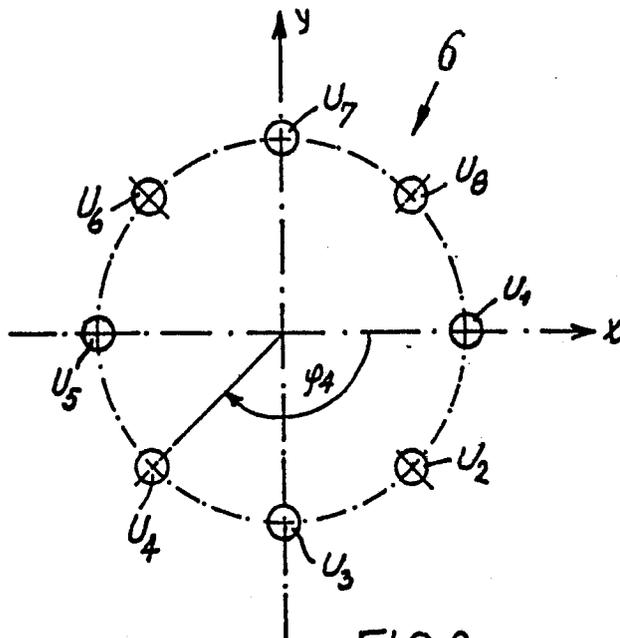


FIG. 2

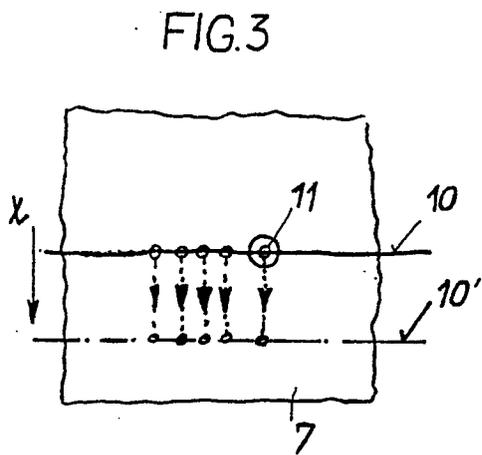


FIG. 3

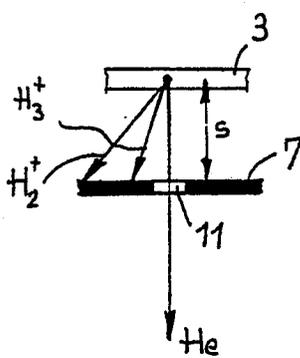


FIG. 4

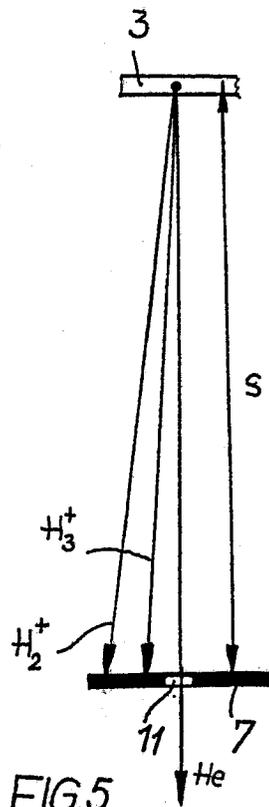


FIG. 5

0281549

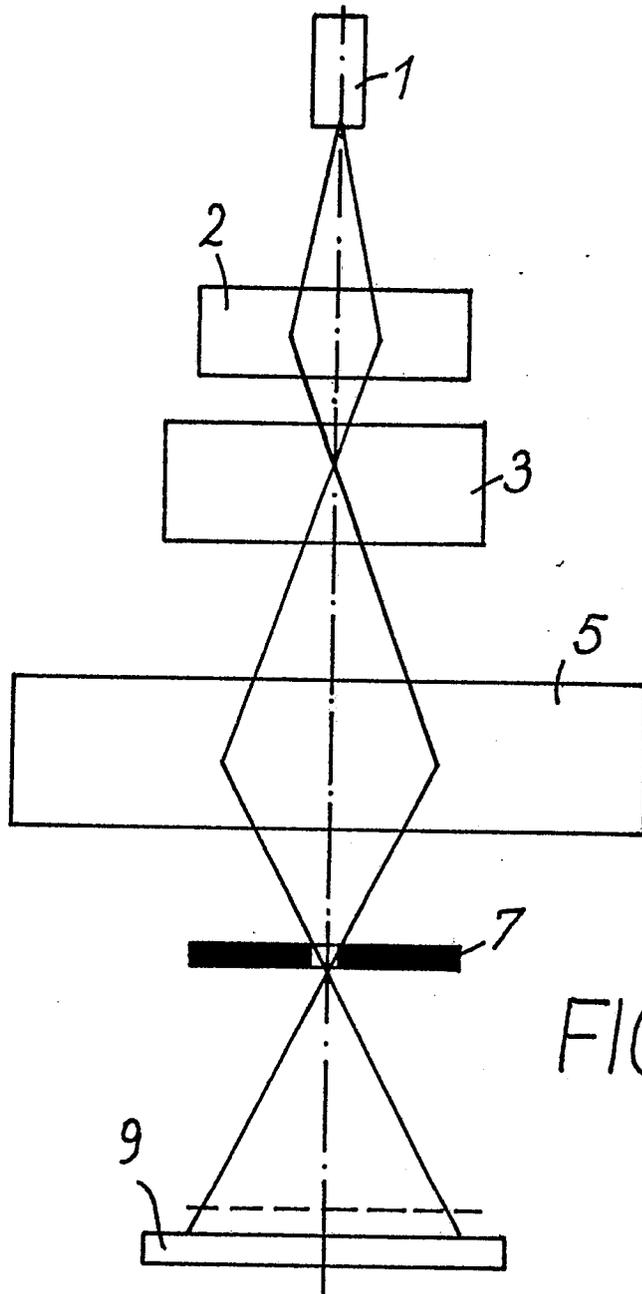


FIG.6